INDUSTRIA ARGENTINA

TDA® TECNOLOGÍA DETECCIÓN AMBIENTAL

MANUAL DE INSTRUCCIONES

EPA 5

ÍNDICE

Introducción 3

Descripción del sistema 4

Método 1 7

Método 2 10

Método 3 12

Método 4 12

Método 5 13

INTRODUCCIÓN

El tren de muestreo isocinético TDA PA-03 permite extraer una muestra de gas de la chimenea, de manera isocinética. La palabra isocinética, esta compuesta por dos palabras de origen griego, “iso”, que significa “igual” y “cinética” derivada de “kinesis”, que significa “movimiento, o el acto de mover”.
Por lo tanto, el método isocinético consiste en la extracción de una muestra de gas de una corriente gaseosa, a la misma velocidad que dicha corriente pasa a través de la chimenea.
Éste método es necesario debido a los efectos inerciales que produce la materia particulada en la corriente gaseosa.

El muestreo isocinético requiere un completo entendimiento de los primeros cinco métodos presentados en la norma 40 CFR 60 Ap. A. El método 5 presenta las premisas para el armado y operación general de un tren de muestreo. Los métodos 1 al 4 presentan técnicas asociadas al muestreo realizado en el método 5.
Éstos métodos conforman los protocolos básicos para la determinación de concentraciones de material particulado en chimeneas.

Método	Descripción
Método 1	Determinación de lugar y puntos de muestreo
Método 2	Determinación de velocidad del gas y flujo volumétrico
Método 3	Determinación del peso molecular seco
Método 4	Determinación del contenido de humedad
Método 5	Determinación de material particulado

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El mismo se encuentra formado por 4 importantes componentes, interconectados entre sí.

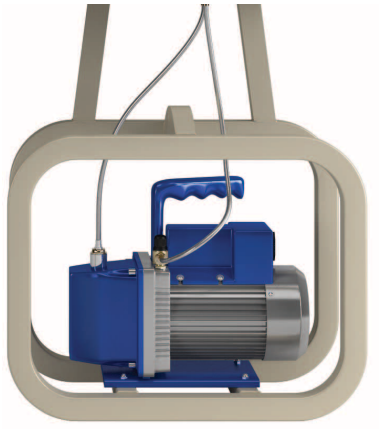
A: Consola de control.
B: Bomba de muestreo
C: Toma muestra
D: Gabinete porta filtro y acondicionamiento de gases.

A. Consola de control

A) Medidor de presión diferencial - tubo pitot
B) Medidor de presión diferencial - placa orificio
C) Controlador de temperatura - gases de ascensión a la chimenea
D) Controlador de temperatura - portafiltro
E) Ajuste fino
F) Ajuste grueso
G) Accionamiento bomba de vacío
H) Accionamiento de válvulas solenoides
I) Accionamiento controlador de temperatura
J) Accionamiento controlador de temperatura
K) Conexiones termocuplas
L) Conexión rápida bomba de vacío
M) Conexión rápida a tubo pitot
N) Alimentación electrica de resistencia toma-muestra
Ñ) Medidor volumétrico
O) Fusible 2A - Controlador de temperatura
P) Fusible 2A - Controlador de temperatura
Q) Vacuómetro - Presión de la bomba de vacío

B. Bomba de vacío

Ubicada bajo la consola, se conecta a la misma mediante mangueras flexibles con rosca ½” BSP. La bomba trabaja con aceite, el mismo debe ser cargado en el carter, hasta el límite indicado, no se debe superar dicho límite. La bomba no debe perder la verticalidad ya que el aceite contaminaría el circuito.



C. Toma-muestra

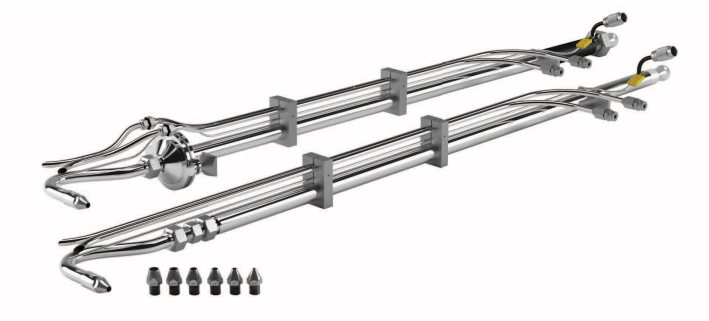
Tubo pitot tipo S con conectores rápidos, tubo de vidrio borosilicatado calefaccionado mediante resistencia eléctica, y termocupla blindada, montados en soporte de protección construido en acero inoxidable.

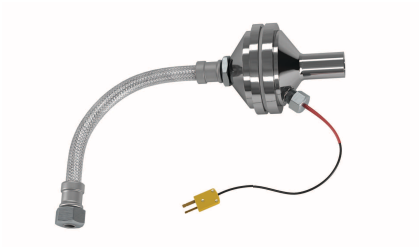
Su función es tomar la muestra de humos de chimenea y transportarlos hasta el portafiltro donde se encuentra el filtro de muestreo.

En la punta se deben roscar los picos intrecambiables, que permiten ajustar la velocidad del fluido en su recorrido .

La resistencia calefacciona la muestra de gases para así evitar su condensación.

La termocupla permite medir la temperatura de los humos, mientras que el tubo Pitot sirve para calcular la velocidad de ascención de los gases.



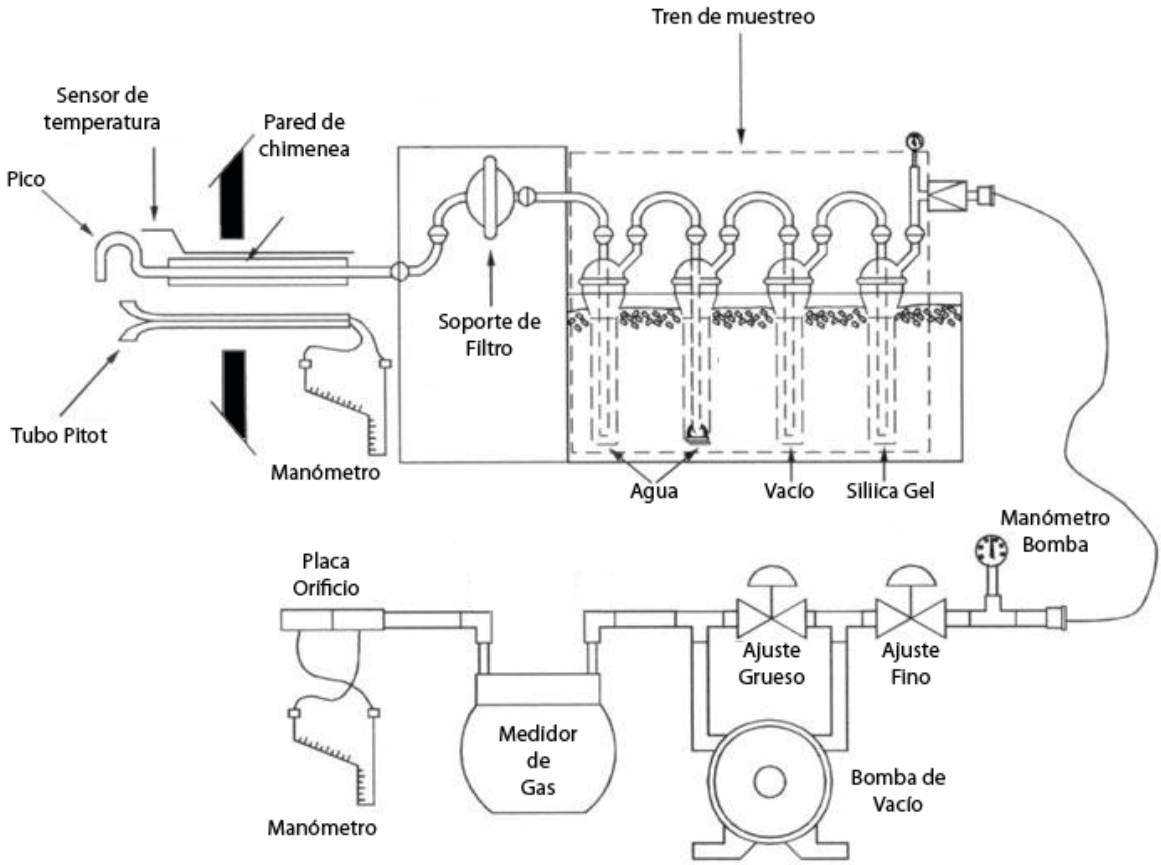


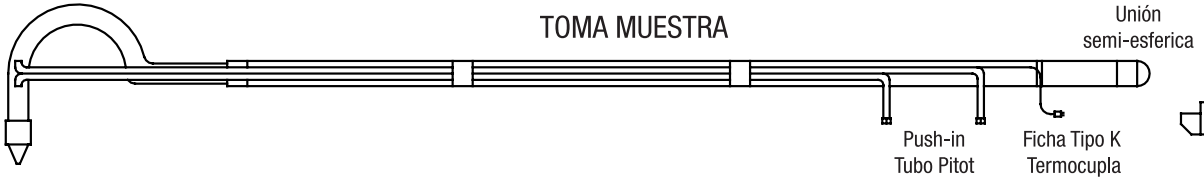
D. Gabinete de muestreo

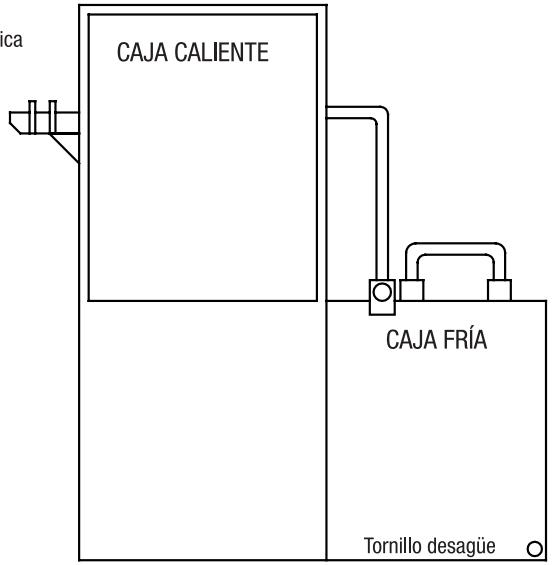
Compuesto por las llamadas "***caja caliente***" y "***caja fría***".

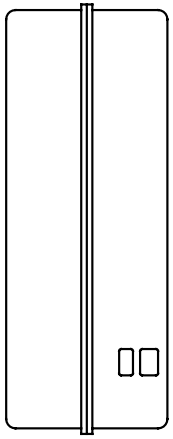
Caja caliente: Contiene al porta-filtro y su termocupla (para controlar la temperatura del filtro). Presenta un soporte para apoyar y fijar el toma-muestra, y un frasco para condensado (en caso de que hubiera)

Caja fría: La parte más frágil de todo el equipo (en algunos modelos se puede separar de la caja caliente, otorgando mayor flexibilidad al método, y facilitando el transporte del equipo). Contiene a los burbujeadores de 500ml de vidrio borosilicatado, conectados mediante codos con uniones esféricas, también de vidrio. Para evitar pérdidas en el sistema y asegurar la enstanqueidad del mismo. Dichas uniones deben tener vaselína sólida. También se debe colocar vaselína en la unión del toma-muestra con la caja caliente.

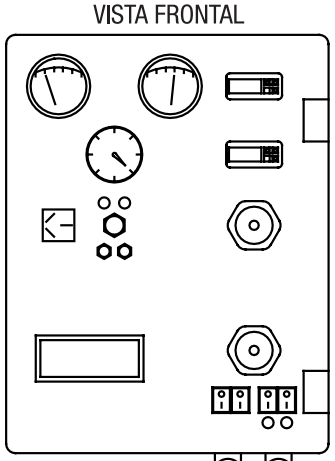






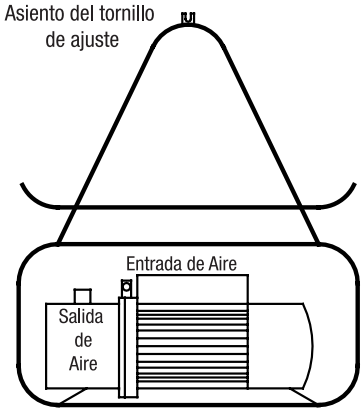


CONSOLA DE CONTROL



A la salida de aire
de la bomba de vacío

A la entrada de aire
de la bomba de vacío

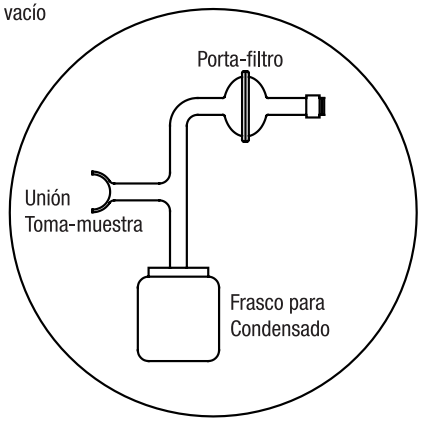


BOMBA DE VACÍO

CONEXIÓN ELÉCTRICA:

Ficha Interlock Hembra de Consola de Control: Posee Fusible de 10A
- Alimentación Central del equipo (220v)

Ficha interlock Macho de Consola de Control: Se conecta mediante el cable interlock Macho-Hembra a la bomba de vacío. Se debe tener en cuenta que la bomba también posee una tecla On/Off. La misma debe estar en posición On, para accionar la bomba mediante la consola de control.

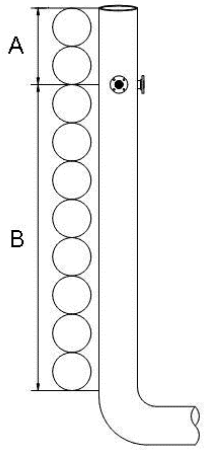


DETALLE INTERIOR CAJA CALIENTE

MÉTODO 1- DETERMINACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Los sitios de muestreo se miden en términos del número de diámetros de chimenea o conducto lejos del flujo turbulento. Las perturbaciones pueden ser producidas por codos, transiciones, expansiones, contracciones, la salida hacia la atmósfera, las llamas o la presencia de instalaciones internas.

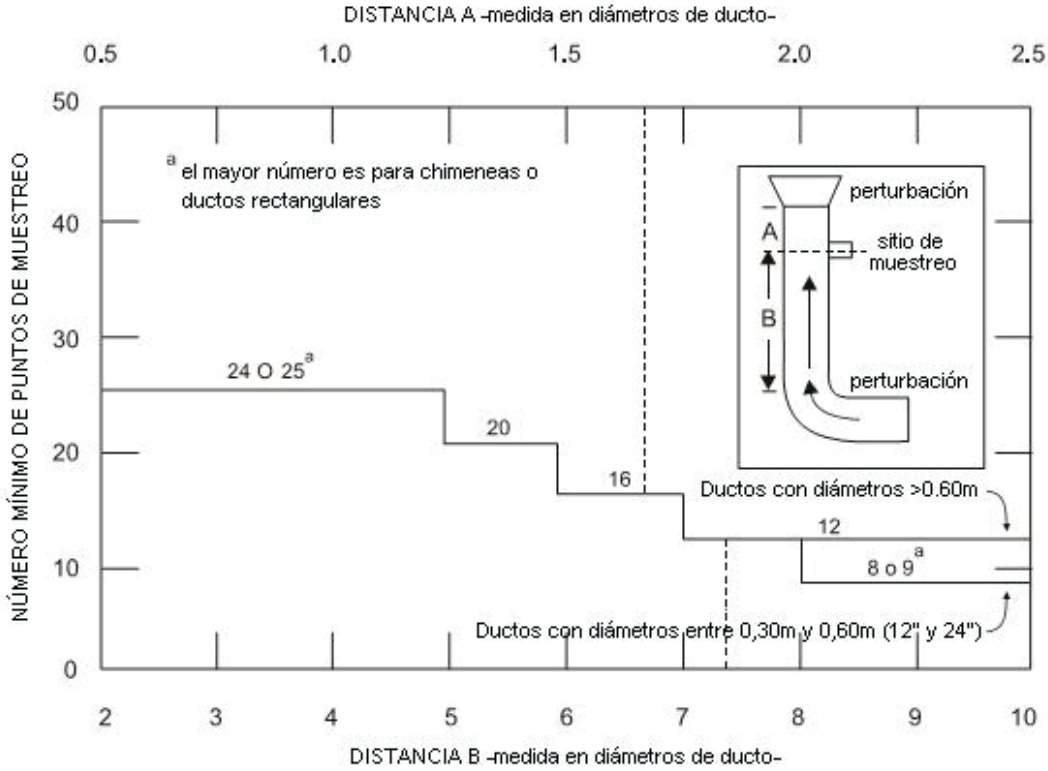
Se considera que la franja del conducto que cumple la condición de encontrarse 8 diámetros después de una perturbación y 2 diámetros antes de la siguiente es la adecuada para realizar el muestreo, ya que en esta franja se encuentra un flujo laminar.



Para chimeneas con diámetros mayores a 0,60m (24 pulgadas), el número mínimo de puntos de muestreo requeridos es doce (12). Con A mayor o igual a dos (2) veces el diámetro y B mayor o igual a ocho (8) veces el diámetro.

Para chimeneas con diámetros entre 0,30m y 0,60m (12 y 24 pulgadas), el número mínimo de puntos requerido es ocho (8). Con A mayor o igual a dos (2) veces el diámetro y B mayor o igual a ocho (8) veces el diámetro.

Si el sitio de muestreo no cumple con las distancias recomendadas el número mínimo de puntos de muestreo se determina utilizando la figura, para lo cual se miden las distancias desde las perturbaciones más próximas hasta el sitio de muestreo, en ambos sentidos de flujo. Se divide cada una de estas distancias entre el diámetro interno del ducto, de manera de obtener los valores de A y B, expresados en diámetros de ducto indicados en la figura. Se determina graficamente el número de puntos de muestreo correspondientes a A y B, independientemente, seleccionándose el mayor valor, el cual debe ser múltiplo de cuatro, para que ningún punto quede en la sección transversal del ducto.



Por ejemplo, si la distancia A es 1,7 diámetros de conducto y la distancia B es 7,5 diámetros de conducto, entonces la distancia A indicaría el uso de 16 puntos de muestreo y la distancia B indicaría el uso de 12 puntos. Se debe elegir el valor más elevado de los dos.

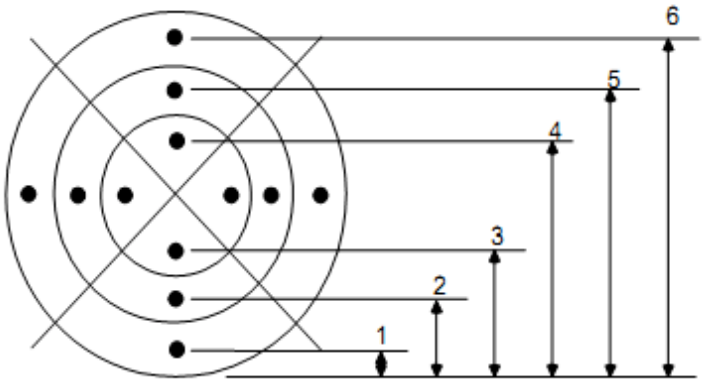
Para chimeneas o ductos rectangulares primero se debe calcular un diámetro equivalente usando la siguiente expresión:

$$D_e = \frac{2LA}{L + A}$$

De= diámetro equival ente.
L= largo
A= ancho

El número mínimo de puntos de muestreo requeridos para chimeneas rectangulares es nueve, o 3 x 3.
Después de que el número de puntos se ha determinado, la ubicación de cada uno debe calcularse.
Para chimeneas circulares, la sección transversal se divide en anillos concéntricos de igual área basándose en el número de puntos de muestreo dividido por cuatro (4), los anillos son bisecados dos veces, y los puntos se localizan en el centroide (centro de masa de cada área), como se muestra en la figura.

PUNTO DE MUESTREO	DISTANCIA % de diámetro
1	4.4
2	14.6
3	29.6
4	70.4
5	85.4
6	95.6



Ejemplo de sección transversal de chimenea circular dividida en 12 áreas iguales, indicando la localización de los puntos de muestreo.

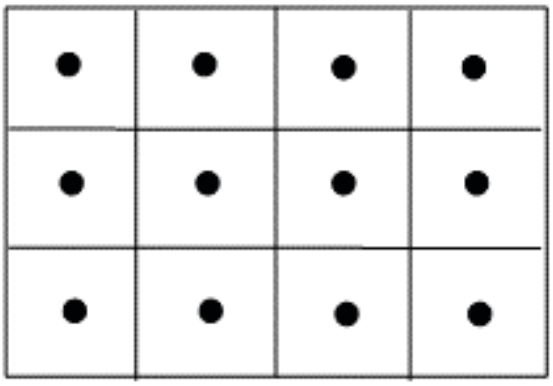
TABLA 1 – LOCALIZACIÓN DE PUNTOS TRANSVERSALES EN CHIMENEAS CIRCULARES

(porcentaje de diámetro de chimenea medido desde la pared interior)

Punto	Punto Número de puntos sobre cada diámetro perpendicular											
Nº	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1	14.6	6.7	4.4	3.2	2.6	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.1
2	85.4	25.0	14.6	10.5	8.2	6.7	5.7	4.9	4.4	3.9	3.5	3.2
3		75.0	29.6	19.4	14.6	11.8	9.9	8.5	7.5	6.7	6.0	55
4		93.3	70.4	32.3	22.6	17.7	14.6	12.5	10.9	9.7	8.7	7.9
5			85.4	67.7	34.2	25.0	20.1	16.9	14.6	12.9	11.6	10.5
6			95.6	80.6	65.8	35.6	26.9	22.0	18.8	16.5	14.6	13.2
7				89.5	77.4	64.4	36.6	28.3	23.6	20.4	18.0	16.1
8				96.8	85.4	75.0	63.4	37.5	29.6	25.0	21.8	19.4
9					91.8	82.3	73.1	62.5	38.2	30.6	26.2	23.0
10					97.4	88.2	79.9	71.7	61.8	38.8	31.5	27.2
11						93.3	85.4	78.0	70.4	61.2	39.3	32.3
12						97.9	90.1	83.1	76.4	69.4	60.7	39.8
13							94.3	87.5	81.2	75.0	68.5	60.2
14							98.2	91.5	85.4	79.6	73.8	67.7
15								95.1	89.1	83.5	78.2	72.8
16								98.4	92.5	87.1	82.0	77.0
17									95.6	90.3	85.4	80.6
18									98.6	93.3	88.4	83.9
19										96.1	913	86.8
20										98.7	94.0	89.5
21											96.5	92.1
22											98.9	94.5
23												96.8

TABLA 2 – DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO EN CHIMENEAS RECTANGULARES

Número de puntos en la sección transversal	Matríz de distribución
9	3x3
12	4x3
16	4x4
20	5x4
25	5x5
30	6x5
36	6x6
42	7x6
49	7x7



Ejemplo de sección transversal de chimenea rectangular, dividida en 12 áreas iguales, indicando la localización de los puntos de muestreo en el centroide de cada área.

MÉTODO 2 – DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DEL GAS Y FLUJO VOLUMÉTRICO

Previo al método 5, sirve para elegir el correcto diámetro de pico. Durante el método 5, sirve para asegurarse de que la muestra esta siendo extraida bajo condiciones isocinéticas.

$$V_c = K \cdot C_p \cdot (\sqrt{\Delta P}) \cdot \sqrt{\frac{T_s}{P_s M_s}}$$

V_C= Velocidad promedio de los gases de ascención (m/seg)
K= 34,97 (para el sistema métrico)
C_P= 0,84 (Coeficiente del tubo Pitot)
ΔP= Presión diferencial, indicada en el manómetro (mm H2O)
T_S= Temperatura de los gases de ascención. (K=Cº+273,15)
P_S= Presión de los gases de chimenea (mm Hg=Pbar+Pg/13,6)
P_{bar}= Presión barométrica en el sitio de medición (mm Hg)
P_S= Presión estática de la chimenea (mm H2O)

M_S= Peso molecular del gas húmedo (g/g-mol)
M_D= Peso molecular del gas seco (g/g-mol)

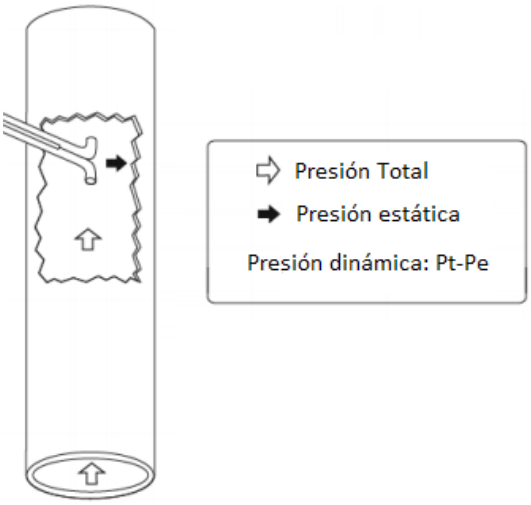
Para obtener todos los valores, el peso molecular y el contenido de humedad deben ser calculados con anterioridad.

Las mediciones de velocidad pueden ser realizadas utilizando el tubo Pitot tipo S conectado al manómetro

La presión total de una corriente de aire que fluye en un conducto o tubería es la suma de la presion estática ejercida sobre las paredes laterales y la velocidad del aire en movimiento (presión dinámica). La diferencia entre la presión total y estática se puede utilizar para determinar la velocidad lineal de movimiento de aire. Un tubo pitot tiene dos tubos dispuestos para detectar ambas presiones simultáneamente. Mediante la conexión de estos dos tubos a un manómetro de presión diferencial, la presión dinámica es indicada directamente y la velocidad del aire correspondiente puede ser calculada después de aplicar el factor de corrección apropiado.

Considerando que el tubo Pitot es simétrico, no tiene sentido distinguir entre las dos patas. Sin embargo, es importante conectar el equipo de la siguiente forma:

La pata orientada al sentido de aire debe conectarse al + del manómetro
La pata opuesta al sentido del aire debe conectarse al – del manómetro



La presión estática puede ser calculada mediante el uso de tubo Pitot tipo S de la siguiente manera:

1. Insertar el tubo Pitot en la chimenea hasta el centro aprox.
2. Rotar el tubo Pitot 90º hasta que la lectura en el manómetro sea nula.

3. Manteniendo el tubo Pitot en el sitio, desconectar la rama positiva del manómetro y registrar el valor de la lectura como negativo.
4. En caso de no visualizar lectura, reconectar la rama positiva y desconectar la rama negativa, registrar el valor de la lectura como positivo.
5. Luego de registrar la presión estática, el valor debe ser convertido de mm H2O a mm Hg. (La densidad del mercurio es 13,6 veces mayor a la del agua)

MÉTODO 3 - DETERMINACIÓN DEL PESO MOLECULAR SECO

Es utilizado para medir las concentraciones de dióxido de carbono (CO2), oxígeno (O2), y monóxido de carbono (CO), en caso de que sean mayores al 0,2%
Con estos datos, se determina el peso molecular seco, dicho valor es incorporado a la ecuación para el cálculo de la velocidad del gas.

Este método puede ser realizado con un analizador de gases de combustión, o equipo Orsat.

MÉTODO 4 – DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Puede ser calculada de diversas formas:
Mediante el método de referencia, utilizando un bulbo seco/húmedo, (en corrientes de gas inferiores a 100º C), mediante cálculos estequiométricos (para fuentes de gases de combustión), mediante técnicas de condensación, tubos de secado, o experiencia previa en testeo de chimeneas.

El método de referencia es el siguiente:

a) 8 puntos de muestreo para chimeneas circulares de un diámetro inferior a 0,6m.
b) 9 puntos de muestreo para chimeneas rectangulares de un diámetro equivalente c) inferior a 0,6m
c) 12 puntos de muestreo para cualquier otra situación.

PREPARACIÓN DEL TREN DE MUESTREO:

Burbujeadores 1 y 2: 100 ml de agua en cada uno. (Pesar cada burbujeador)
Burbujeador 3: vacío.
Burbujeador 4: entre 200g y 300g de Silica Gel. (Pesar el burbujeador)

Colocar hielo en la caja fría y comenzar el muestreo, regulando el caudal de modo que sea isocinético, midiendo en cada punto seleccionado durante el mismo período de tiempo.
Una vez finalizado el muestreo, apagar el equipo, retirar los burbujeadores y volver a pesarlos. Calcular el contenido de humedad.

MÉTODO 5. DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO

PROCEDIMIENTO:

1. Calcular el diámetro ideal del pico
2. Seleccionar el pico disponible que mejor se adapte al diámetro ideal
3. Determinar la relación entre y para las condiciones de muestreo isocinéticas.
4. Continuamente ajustar en concordancia con los valores usando la relación establecida.

La siguiente información preliminar es requerida para seleccionar el correcto diámetro del pico para el método isocinético.

- Velocidad promedio de ascensión de gases en la chimenea. Es medido antes del muestreo.
- Presión de los gases de chimenea. Es medido antes del muestreo, o si la presión estática de la chimenea es muy baja se usa la presión barométrica
- Peso molecular de los gases de chimenea. Determinado en una prueba preliminar, o estimativo. (Ver E.P.A. Método 3)
- Contenido de humedad de los gases de chimenea. Determinado en una prueba preliminar o calculado mediante el E.P.A. Método 4.
- Temperatura ambiente
- Presión barométrica

FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DEL DIAMETRO DEL PICO:

$$D_p = \sqrt{\frac{K_1 Q_m P_m}{T_m C_p (1 - B_{ws})} \sqrt{\frac{T_s M_s}{P_s \Delta p_{avg}}}}$$

$K_1 = 0{,}6071m$

Caudal de muestreo: $Q_m = 21{,}24lpm$

Presión barométrica [mm Hg]: P_{Bar}

Presión medidor de gas [mm Hg]: $P_m = P_{Bar} + \frac{\Delta H_@}{13.6}$

Temperatura medidor de gas [K]: $T_m =$ temperatura ambiente + 287,15 K

La temperatura del medidor se eleva aproximadamente 14ºC (287,15 K) sobre la temperatura ambiente, debido al calentamiento proveniente de la bomba de vacío.

Coeficiente del tubo Pitot: $C_p = 0.84$

Humedad de los gases de chimenea [%H_2O/100]: B_{ws} = Proporción de vapor de agua, por volumen, en la corriente de gas.

Temperatura de los gases de chimenea [K]: T_S

Peso molecular del gas seco [g/g-mol]: M_D

Asumir 30 para combustión de carbón, aceite o gas

Asumir 29 si mayormente es aire

Asumir 28 si mayormente es purga de nitrógeno

O usar los datos preliminares obtenidos con un detector de gases.

Peso molecular del gas húmedo [g/g-mol]: M_S

$$M_s = M_d(1 - B_{ws}) + 18(B_{ws})$$

Presión estática de la chimenea [mm H2O]: P_G

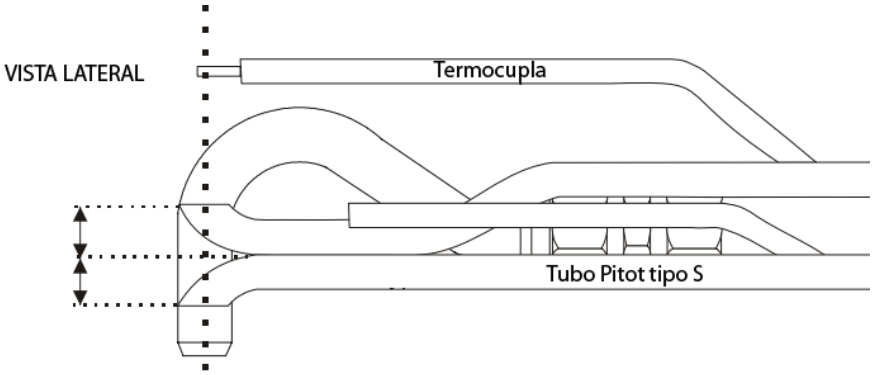
Presión de gas de chimenea [mm Hg]: P_S

$$P_S = P_{bar} + \frac{P_g}{13.6}$$

PREPARACIÓN DEL TREN DE MUESTREO:

Seleccione el pico con el diámetro correcto para el muestreo y conecte al toma-muestra. Coloque el toma muestra en el gabinete de muestreo, asegúrese de mantener cubierto el pico hasta que inicie la medición.

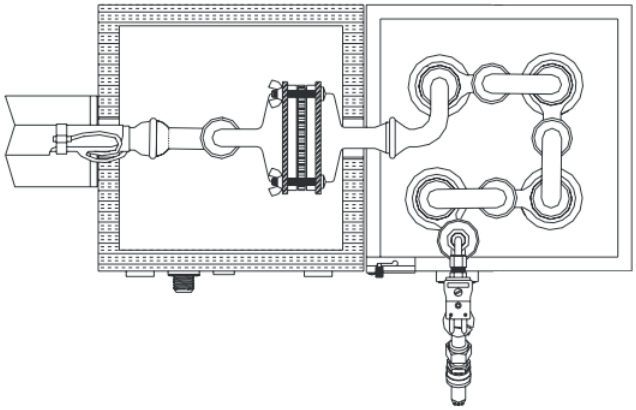
En caso de no coincidir, ajuste el tubo pitot a la altura del pico de modo que queden alineados como se muestra en la siguiente figura:



Prepare el juego de burbujeadores del siguiente modo:

Burbujeadores 1 y 2: 100ml de agua en cada uno.
Burbujeador 3: vacío.
Burbujeador 4: entre 200 g y 300 g de Silica Gel.

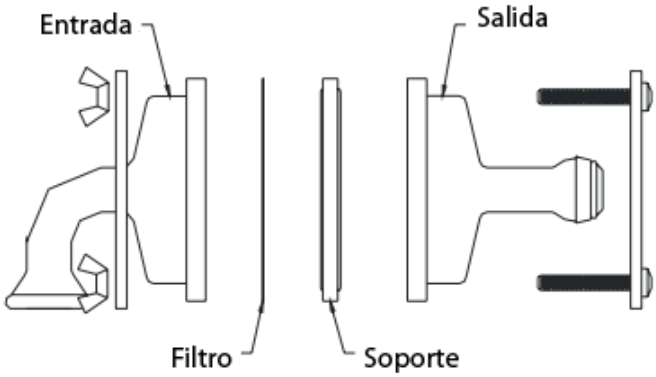
Coloque los burbujeadores en el gabinete de muestreo como se muestra en la siguiente figura:



Coloque el filtro en el soporte, luego coloque el soporte en el toma muestra (ver siguiente figura) y ajuste las llaves mariposa. Asegúrese que todo esté ajustado correctamente y que existan abrazaderas en cada unión.

Conecte el tubo pitot y la termocupla del toma muestra en la consola. También conecte la salida del gabinete de muestreo en la misma.

Compruebe que la bomba de vacío se encuentre conectada a la alimentación provista por la consola, y que esta se encuentre, a su vez, conectada a 220v.



www.tdalatam.com

Fabricado por
TDA [Tecnología Detección Ambiental Argentina]
Palpa 2867 PB “A” (C1426DPA) | C.A.B.A. | Argentina
www.tdaarg.com.ar

Importa y distribuye
TDA [Tecnología Detección Ambiental Perú]
Calle Colón 110, Of. 905 | Miraflores | Lima 18 | Perú
www.tdaperu.com.pe